



Memorias del VI Simposio Iberoamericano de Ingeniería en Residuos Sólidos, hacia la carbono neutralidad 2021

Realizado en Cartago, Costa Rica
Instituto Tecnológico de Costa Rica
9 y 10 de noviembre del 2015

Con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y extensión del ITCR
Auspicio de la Red Ingeniería Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de los Residuos (código 715RT0494), financiada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED



Dra. Silvia Soto-Córdoba.

Memorias VI Simposio Iberoamericano de Ingeniería en Residuos Sólidos, hacia la carbono neutralidad 2021.

Edición digital.

703 páginas

Tamaño 42 MB

9 de noviembre 2015

Editorial Tecnológica de Costa Rica

ISBN: 978-9968-641-28-9

COMITÉ CIENTIFICO

Presidenta. Dra. Silvia M. Soto Córdoba
Instituto Tecnológico de Costa Rica
email ssoto@itcr.ac.cr
Teléfono: (506)-25509294

Profesora Catedrática del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)
Escritora de 10 ponencias para el programa estado de la Nación en el tema de Residuos Sólidos
Fue coordinadora del Centro de Investigación en protección ambiental (CIPA)
Investigadora Consolidada del ITCR
Ha realizado investigaciones en el sector municipal, privado y de educación en los temas de residuos sólidos
Coordinadora nacional de la RED CYTED de residuos sólidos

Vicepresidenta: Ing. Lilliana Gaviria Montoya
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Email lgaviria@itcr.ac.cr
Teléfono: (506)-22509138

Profesora Catedrática del ITCR
Responsable del diseño e implementación de la carrera de Ingeniería Ambiental del TEC
Fue coordinadora del Centro de Investigación en protección ambiental (CIPA)
Ha coordinado y realizado múltiples proyectos relacionados con residuos sólidos

Eficiencia de la recogida de RSU mediante puntos limpios en Castellón de la Plana

Antonio Gallardo Izquierdo^a, Natalia Edo Alcón^b, Cristóbal Badenes Catalán^b, Natalia Fas Argamasilla^c.

^a Doctor en Ing. Industrial. Dpto. Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón (España). gallardo@uji.es. ^b Dpto. Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón (España). ^c Dpto. Química Inorgánica y Orgánica. Universitat Jaume I, Castellón (España).

Resumen

Los residuos sólidos urbanos (RSU) están formados, entre otras fracciones, por materiales que por sus características de peligrosidad, volumen y frecuencia de generación se pueden clasificar de especiales. Se trata de residuos como muebles y enseres viejos, escombros, electrodomésticos fuera de uso, aceites, baterías, etc. que se deben recoger separadamente. Las instalaciones utilizadas para ello son los puntos limpios, sus dimensiones varían en función del tamaño de la población a la que atienden y están situadas en los extrarradios de las poblaciones. El éxito de estas instalaciones radica en dar un buen servicio en cuanto a residuos admitidos, tener una adecuada ubicación, franja horaria e información ciudadana.

En esta ponencia se presentan los resultados obtenidos tras el estudio de la eficiencia de la recogida separada de residuos en los puntos limpios de Castellón. Como conclusión se ha obtenido que este sistema es muy adecuado para la recogida de residuos especiales y resulta muy eficiente si se alcanza un alto grado de flexibilidad en su funcionamiento.

Palabras Clave: *Residuos especiales, punto limpio, recogida separada*

Efficiency of MSW collection by means of recycling centers in Castellon de la Plana

Abstract

Among other fractions, Municipal Solid Waste (MSW) is composed of materials that due to their hazardous characteristics, volume and frequency of generation can be classified as special. These are waste as old furniture, debris, appliances out of use, oils, batteries...which should be collected separately. The facilities used for this are the recycling centers, their dimensions depend on the size of the population they serve and they are located on the outskirts of the town. The success of these facilities consist in giving good service in terms of accepted waste, have a suitable location, good opening hours and public information.

The results obtained after the study of the efficiency of separate collection of waste at recycling centers in Castellon de la Plana are presented in this paper. In conclusion it has been obtained that this system is very suitable for special waste collection and it is very efficient if a high degree of flexibility is achieved in its operation.

Key Words: *Special waste, recycling centers, separate collection*

Introducción

Los puntos limpios (PPLL) son instalaciones que facilitan la recogida de una serie de residuos especiales o peligrosos de origen doméstico, que por su naturaleza no son susceptibles de ser depositados en los contenedores habituales y que, de otra forma, pueden acabar en vertederos incontrolados. A nivel europeo, este concepto está muy extendido tomando diferentes nombres en función del país: déchetterie en Francia, recyclinghof en Alemania, ricicleria o stazioni ecologiche en Italiay y recycling centre o civic amenitie en Reino Unido.

En Reino Unido un 16% de los residuos generados son recogidos en los PPLL, siendo los mayoritarios los escombros, los residuos de poda y los voluminosos (Burnley et al., 2007 y Burnley, 2007). Además, Maynard et al. (2009) estudiaron cómo afectaba una serie de factores como el tipo de vehículo, diseño de la instalación, estacionalidad en la recogida, etc. en la cantidad de residuos depositados en los PPLL.

Krook y Eklund (2010) estudiaron en Suecia cómo influyen los diferentes actores implicados en el funcionamiento eficiente de los PPLL y la calidad de la clasificación de los materiales, desarrollando un método de monitoreo para el seguimiento de la clasificación. En este mismo sentido, existen también estudios de mejora del diseño de los PPLL suecos a través de los principios de producción ajustada (Sundin et al., 2011).

Por su parte, Gallardo (2000) analizó el funcionamiento de varias instalaciones españolas y definió los aspectos a tener en cuenta para el funcionamiento eficiente de los PPLL, siendo uno de los más importantes la ubicación. En este contexto, Gallardo et al., (2006), desarrollaron una metodología para la ubicación de estas instalaciones que fue aplicada a una ciudad española. Por otro lado, el Ayuntamiento de Barcelona, en el año 2012, estudió el estado de la reutilización de los residuos procedentes de sus PPLL, la estacionalidad de la recogida y el potencial de reutilización de varias fracciones: RAEEs, voluminosos, metales y plástico duro (Galofrè et al., 2012). Por último, en la ciudad de Madrid, Díaz et al. (2012) analizaron la influencia de las campañas de educación ambiental sobre el uso de los PPLL de la ciudad.

En este trabajo de investigación se ha estudiado la eficiencia de la recogida separada de residuos mediante puntos limpios en la ciudad de Castellón de la Plana.

Metodología

Para poder entender los resultados es necesario describir la situación actual de la gestión de los RSU en Castellón de la Plana, que es una ciudad costera del mar Mediterráneo ubicada en la Comunidad Valenciana (España). La población en el año 2014 fue de 180.185 habitantes. Las redes de recogidas existentes son las siguientes:

- Recogida de residuos de la fracción mezcla a nivel de acera.
- Recogida en áreas de aportación de: papel/cartón, vidrio y envases.
- Recogida separada de especiales como pilas, medicamento, ropa, etc. en contenedores dispuestos en la calle o en locales públicos y privados.
- Recogida en puntos limpios de residuos especiales.
- Recogida especial de enseres domésticos. El servicio se realiza bajo demanda y puerta a puerta.

Tras la recopilación y depuración de los datos, se han analizado los siguientes aspectos relacionados con la eficiencia del sistema de recogida en PPLL: modelo de gestión; las cantidades recogidas; la composición de los residuos y los índices de funcionamiento.

Resultados y Discusión

Modelo de gestión

La gestión del sistema de recogida selectiva mediante PPLL se realiza mediante la concesión a una empresa privada teniendo en cuenta la legislación vigente. El sistema está formado por un PPLL fijo y otro móvil. Este último es un camión diseñado para tal fin, que cada día de la semana se instala en un punto diferente de la ciudad y favorece el acceso al servicio de personas con movilidad reducida o limitada.

El PL fijo (PLF) fue inaugurado en 2001 y en él se recogen 23 tipos de residuos especiales de origen domiciliario. Se trata de una instalación formada por 10 contenedores de gran capacidad y 8 más pequeños. El horario de apertura de lunes a sábado a jornada completa y domingos y festivos media jornada.

El PL móvil (PLM) recoge 14 tipos diferentes de residuos domésticos no voluminosos procedentes de particulares, comercios y oficinas. El servicio está disponible durante horario de mañanas de lunes a sábado y su ubicación sigue una programación en función del día de la semana.

En cuanto a la difusión de la información del sistema, se realiza a través de la web institucional del Ayuntamiento, donde se ofrece información sobre horarios y tipos de residuos admitidos en las instalaciones.

Recogida de residuos

En el año 2013 en la ciudad de Castellón se recogieron un total de 71.167 t de RSU. De ellas el 87,41% corresponden a la fracción mezcla, el 5,86% fueron residuos procedentes de la recogida selectiva (envases, papel/cartón y vidrio), el 2,48% corresponden a residuos voluminosos (enseres, escombros y residuos procedentes de vertederos incontrolados) y el 4,25% procedentes de los PPLL. La cantidad recogida en el PL fijo fue de 3.025 t, mientras que en el PL móvil tan solo fue de 2,4 t.

Estos resultados se han comparado con los obtenidos en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y Madrid. El AMB, formada por 36 municipios, en el año 2012 recogió mediante el sistema de PPLL el 6,38% (AMB, 2013). En la ciudad de Madrid, para ese mismo año, este porcentaje fue de un 1,09% (DGGAU del Ayto. de Madrid, 2013). Así pues, los porcentajes de recogida de la ciudad de Castellón están cerca de los del AMB. A nivel europeo, el estudio de Burnley (2007) realizado en Reino Unido proporciona el dato de un 16%, muy superior a los casos españoles.

En relación a la tasa de recogida anual de los PPLL (TRA_{PPLL}), en Castellón para el año 2013 fue de 16,80 kg/hab-a., ligeramente menor a la del AMB (24,86 kg/hab-a, año 2013) y muy elevada en comparación con la de Madrid (3,54 kg/hab-a, año 2012). En cuanto a la evolución de la recogida, se puede decir que ha aumentado desde su inauguración (figura 1), de las 42 t hasta 4.170 t en 2014. Esto ocurre sobre todo en el periodo de 2010 a 2014.

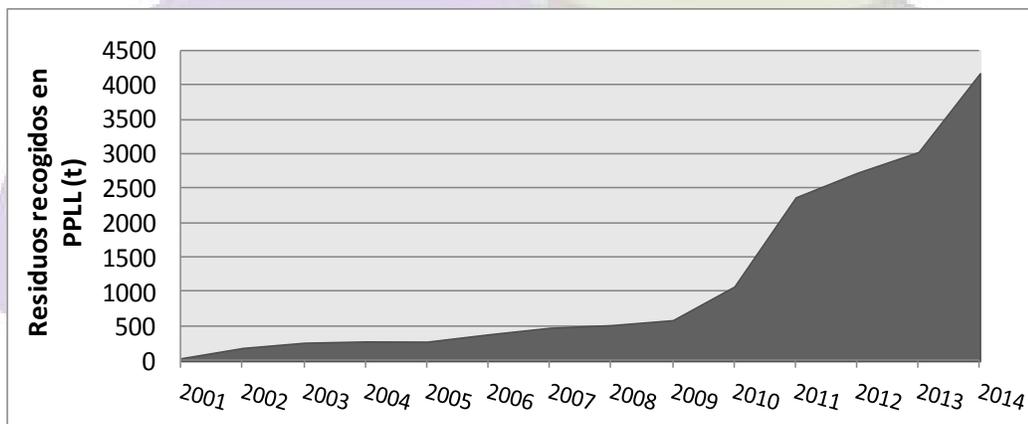


Figura 1: Evolución de la recogida de residuos en los PPLL

Composición

Los residuos se separan en los PPLL en 26 categorías, de ellas 18 corresponden a no peligrosos y 8 a peligrosos. En el año 2013, del total de residuos recogidos en los PPLL un 58,64% en peso correspondieron a escombros, un 25,92% a voluminosos y un 6,30% a restos de poda (tabla 1). Los componentes mayoritarios coinciden con los obtenidos en el Reino Unido por Burnley (2007), así como los obtenidos en el AMB y en Madrid. Las fracciones minoritarias fueron aceite vegetal, vidrio y plásticos, al igual que en Madrid. En la tabla 1 se observa que los residuos peligrosos (RP) solo supusieron un 0,75% del total. Las fracciones mayoritarias dentro de esta categoría fueron las pilas y el aceite mineral, con un 0,40% y un 0,26% respectivamente, y las minoritarias los fluorescentes y las radiografías con un 0,01% cada una.

Además, en la tabla 1 se muestra la composición de los residuos recogidos exclusivamente en el PLM. En este caso, la fracción del aceite vegetal es la mayoritaria (62,14%), seguida por los residuos peligrosos con un 32,81%. Dentro de esta categoría, las pilas salinas (15,16%) y el aceite mineral (8,87%) son las fracciones mayoritarias y la minoritaria las pilas de botón (0,30%).

Tabla 1. Composición de los residuos recogidos mediante PL

Componente	Total PPLL (%)	PLM (%)
Escombros	58,64	-
Voluminosos	25,92	-
Poda	6,30	-
Papel/cartón	5,04	-
Maderas	1,63	-
Metales	0,92	0,38
Electrodomésticos* ¹	0,49	-
Envases* ²	0,12	0,44
Vidrio	0,11	-
Aceite vegetal	0,07	62,14
Cargador de móviles	-	1,47
Teléfonos móviles	-	1,38
Bombillas incandescentes	-	0,94
Material eléctrico y electrónico	-	0,44
Residuos peligrosos* ³	0,75	32,81
	100,00	100,00

*¹ Comprenden los RAEEs y los frigoríficos. *² Comprenden el plástico blanco, el de color, el transparente y el brick. *³ Comprenden: aceite mineral, baterías de automóviles, baterías de móviles, bombillas de bajo consumo, pilas de botón, pilas salinas, radiografías y tubos fluorescentes.

Índices de funcionamiento

A continuación se ha estudiado un conjunto de índices que explican el funcionamiento de las instalaciones:

- Total de usuarios: total de personas al año que utilizan las instalaciones, diferenciando entre PLF y PLM.
- Porcentaje de usuarios: porcentaje de usuarios en relación al total de habitantes del municipio, diferenciando entre PLF y PLM.
- Tasa Recogida (Tr): cantidad de residuos llevados a las instalaciones por usuario, diferenciando entre PLF y PLM.

Los valores obtenidos para cada uno de ellos en el año 2013 se muestran en la tabla 2. El PLF fue la opción mayoritaria con un 90,98% del total de los usuarios y solo un 9,02% utilizaron el PLM.

Respecto a la población total del municipio, solo un 15,97% de los habitantes visitan estas instalaciones. Estos resultados son similares a los obtenidos por Díaz et al., (2012) para la ciudad de Madrid. Por otro lado, a pesar de que el objetivo del PLM es acercar este servicio a los ciudadanos para favorecer su participación, el porcentaje de usuarios es muy pequeño, un 1,44% de la población total.

Tabla 2. Índices de funcionamiento de los PPLL

	PLF	PLM	Total
--	------------	------------	--------------

Total usuarios (personas)	26.180	2.596	28.776
% de usuarios	14,53	1,44	15,97
Tr (kg/usuario)	115,56	0,91	105,22

La cantidad media llevada por usuario es de 115,56 kg, muy elevada respecto a otros casos como Reino Unido, donde la descarga media por visitante es de 40 kg (Burnley, 2007).

Otro de los aspectos que se han estudiado ha sido la variación anual, semanal y diaria del número de usuarios que acuden al PLF. Los resultados obtenidos para el año 2013 se presentan en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3. Porcentaje y promedio del número de usuarios a lo largo del año

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	D
Usuarios (%)	8,7	9,8	10,1	10,4	10,8	9,1	9,3	7,6	3,7	9,1	6,9	4
Promedio usuarios (usuarios/día)	73	92	85	91	91	79	79	65	32	77	60	1

Tabla 4. Porcentaje y promedio del número de usuarios a lo largo de la semana

	L	M	X	J	V	S	D
Usuarios (%)	8,5	12,6	15,8	16,7	16,0	16,0	14,4
Promedio usuarios (usuarios/día)	43	62	79	84	81	81	72

Tabla 5. Porcentaje y promedio del número de usuarios por franja horaria

	8-10h	10-12h	12-14h	14-16h	16-18h	18-19h
Usuarios (%)	8,14	51,18	24,76	3,35	12,14	0,42
Promedio usuarios (usuarios/día)	5,8	36,7	17,8	2,4	8,7	0,3

Como se observa en la tabla 3, septiembre y diciembre son los meses en los que la afluencia al punto limpio es menor. Los meses de primavera son los que registran una mayor afluencia. El promedio anual de usuarios al PL de Castellón es de 72 usuarios al día.

En cuanto a la variación a lo largo de la semana, tabla 4, el pico en número de usuarios se da los jueves, con datos similares para los viernes y sábados. El lunes es el día en el que la afluencia es menor. Estos resultados coinciden con los obtenidos en los estudios realizados por Gallardo (2000) y por el Ayuntamiento de Barcelona (2012), donde se observó que el sábado es el día en el que se registran un mayor número de visitas.

Por último, respecto al horario, la franja de 10-12 h es la más utilizada, seguida por la de 12-14 h (tabla 5). Estas franjas de mayor afluencia coinciden con las obtenidas en la investigación de Gallardo (2000) en puntos limpios españoles. Además, en la de 10-12 h se produjeron más de la mitad de las visitas de los usuarios al PL. La franja de 18-19 h es la que menos usuarios registra.

Conclusiones

El sistema de recogida mediante puntos limpios en Castellón es gestionado a través de una empresa privada y está formado por un PLF y un PLM con unos horarios de apertura muy flexibles.

La recogida de residuos mediante este sistema ha aumentado de forma importante en los últimos años. El PLF es el más utilizado, siendo los escombros y voluminosos las fracciones mayoritarias. No

obstante, también se recogen en menor cantidad una gran variedad de residuos especiales. En el PLM la fracción mayoritaria es el aceite vegetal y los residuos peligrosos.

En primavera se registra el mayor número de usuarios en estas instalaciones; siendo los jueves, viernes y sábados los días de mayor afluencia. En cuanto al horario, la franja de 10 a 12 horas es la más utilizada.

Finalmente, se demuestra que este sistema es muy adecuado para la recogida de residuos especiales, y resulta muy eficiente si se alcanza un alto grado de flexibilidad, desde el punto de vista de los materiales recogidos y de su funcionamiento.

Agradecimientos

Al Excmo. Ayuntamiento de Castellón de la Plana y al programa CYTED por el proyecto 715RT0494 Red Iberoamericana de Gestión y Aprovechamiento de Residuos.

Referencias y bibliografía

- Agència de Residus de Catalunya (2006). *Guia d'implantació i gestió de deixalleries*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- Área Metropolitana de Barcelona (2013). *Dades estadístiques de Medi Ambient: Dades ambientals 2012*. Barcelona: Área Metropolitana de Barcelona
- Dirección General de Gestión Ambiental Urbana del Ayto. de Madrid (2013). *Memoria de actividades año 2012*. Madrid: Ayto. de Madrid.
- Burnley, S. J. (2007). A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom. *Waste Management*, 27(10), 1274–1285.
- Burnley, S. J., Ellis, J. C., Flowerdew, R., Poll, a. J., & Prosser, H. (2007). Assessing the composition of municipal solid waste in Wales. *Resources, Conservation and Recycling*, 49(3), 264–283.
- Curran, A., Williams, I. D., & Heaven, S. (2007). Management of household bulky waste in England. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(1), 78–92.
- Díaz, M. J., Martínez, E., Pineiro, C., Palavecinos, M., Benayas, J., & Toribio, M. a. (2012). Involvement of citizens in hazardous waste management and use of recycling centres in the city of Madrid (Spain). *Waste Management & Research*, 30(7), 689–699.
- Gallardo, a. (2000). *Metodología para el diseño de redes de recogida de RSU utilizando Sistemas de Información Geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Gallardo, A., García, A., Bovea, M.D. & Colomer, F.J. (2006). Metodología para la ubicación de ecoparques. Aplicación al término municipal de Castellón. *XVII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos*, Valencia.
- Galofré, A., Morillo, N. & Carreras, A. (2012). *Potencial de reutilització a les deixalleries de Barcelona*. Barcelona: Ayto. de Barcelona. Obtenido de: http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/prevencio/prevencio_de_residus_municipals/x_jornada_de_prevencio/ponencies/potencial_de_reutilizacio_a_les_deixalleries_de_barcelona.pdf
- Krook, J., & Eklund, M. (2010a). Developing a monitoring method facilitating continual improvements in the sorting of waste at recycling centres. *Waste Management*, 30(1), 32–40.
- Krook, J., & Eklund, M. (2010b). The strategic role of recycling centres for environmental performance of waste management systems. *Applied Ergonomics*, 41(3), 362–367.
- Maynard, S., Cherrett, T., & Waterson, B. (2009). Monitoring household waste recycling centres performance using mean bin weight analyses. *Waste Management*, 29(2), 614–620.
- Sundin, E., Björkman, M., Eklund, M., Eklund, J., & Engkvist, I. L. (2011). Improving the layout of recycling centres by use of lean production principles. *Waste Management*, 31(6), 1121–1132.